

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-142194

(43)Date of publication of application : 29.05.1998

(51)Int.Cl.

G01N 27/416

G01N 27/419

(21)Application number : 08-296676

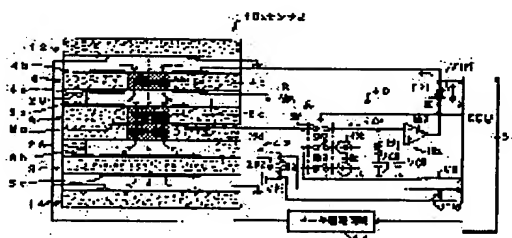
(71)Applicant : NGK SPARK PLUG CO LTD

(22)Date of filing : 08.11.1996

(72)Inventor : MIYATA SHIGERU
KONDO TOSHIAKI
INAGAKI HIROSHI

(54) METHOD AND APPARATUS FOR MEASURING OXYGEN CONCENTRATION AND NITROGEN OXIDE CONCENTRATION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To correctly measure concentrations of NOx and oxygen by a single NOx sensor.**SOLUTION:** The apparatus comprises a first measurement chamber 20 communicating with a gas to be measured via a diffusion-controlled layer 4d and a second measurement chamber 26 communicating with the first measurement chamber 20 via diffusion control layers 6d, 22d. A first pump cell 4 and a Vs cell 6 are formed in the first measurement chamber 20. A second pump cell 8 is formed in the second measurement chamber 26. An oxygen concentration and an NOx concentration are measured with the use of an NOx sensor 2 having the first and second measurement chambers. A first pump current IP1 is controlled so that an output of the Vs cell 6 becomes a reference voltage VC0, thereby controlling the interior of the first measurement chamber 20 at a constant low oxygen concentration. Moreover, a constant voltage is impressed to the second pump cell 8 thereby to decompose NOx components in the second measurement chamber 26 and extract oxygen. The NOx concentration and oxygen concentration are measured from a second pump current IP2 and the first pump current IP1 respectively. At the measurement time, a sensor temperature is detected from an internal resistance of the Vs cell, thereby to control the amount of a current supplied to the heaters 12, 14. The sensor temperature is thus maintained constant.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.07.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3332761

[Date of registration] 26.07.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-142194

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月29日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 1 N 27/416
27/419

G 0 1 N 27/46

3 3 1

3 2 7 E

3 2 7 Z

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平8-296676

(22) 出願日 平成8年(1996)11月8日

(71) 出願人 000004547

日本特殊陶業株式会社

愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号

(72) 発明者 宮田 繁

愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 日

本特殊陶業株式会社内

(72) 発明者 近藤 稔明

愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 日

本特殊陶業株式会社内

(72) 発明者 稲垣 浩

愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 日

本特殊陶業株式会社内

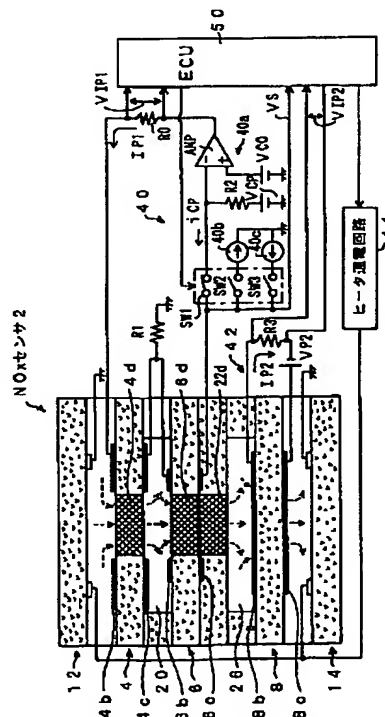
(74) 代理人 弁理士 足立 勉

(54) 【発明の名称】 酸素濃度・窒素酸化物濃度測定方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 NO_x センサ1個で NO_x 濃度と酸素濃度を正確に測定する。

【解決手段】 拡散律速層4dを介して被測定ガス側に連通した第1測定室20と、拡散制限層6d、22dを介して第1測定室20と連通した第2測定室26からなり、第1測定室20には第1ポンプセル4とVsセル6とが形成され、第2測定室26には第2ポンプセル8が形成された NO_x センサ2を用いて、酸素濃度及び NO_x 濃度を測定する装置であって、Vsセル6の出力が基準電圧VCOとなるように第1ポンプ電流IP1を制御することにより、第1測定室20内を一定の低酸素濃度に制御すると共に、第2ポンプセル8に定電圧を印加して第2測定室26内の NO_x 成分を分解させて酸素を汲み出すことにより、第2ポンプ電流IP2から NO_x 濃度を、第1ポンプ電流IP1から酸素濃度を、夫々測定する。またこの測定時には、Vsセルの内部抵抗からセンサ温度を検出して、ヒータ12、14の通電電流量を制御することにより、センサ温度を一定に保つ。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 酸素イオン伝導性の固体電解質層を多孔質の電極で挟んでなる第1酸素ポンピングセル及び酸素濃度測定セルを有し、第1拡散律速層を介して被測定ガス側に連通された第1測定室と、酸素イオン伝導性の固体電解質層を多孔質の電極で挟んでなる第2酸素ポンピングセルを有し、第2拡散律速層を介して前記第1測定室と連通された第2測定室とを備えると共に、前記各セルを所定の活性温度まで加熱するヒータを備えたNO_xセンサを用いて、被測定ガス中の酸素濃度と窒素酸化物濃度とを測定する測定方法であって、前記酸素濃度測定セルの出力電圧が一定値となるように前記第1酸素ポンピングセルに電流を流して、前記第1測定室内の酸素濃度を一定に制御すると共に、前記第2酸素ポンピングセルに前記第2測定室から酸素を汲み出す方向に一定電圧を印加することにより、前記第2酸素ポンピングセルに流れる電流値から被測定ガス中の窒素酸化物濃度を測定し、前記第1酸素ポンピングセルに流れる電流値から被測定ガス中の酸素濃度を測定することを特徴とする酸素濃度・窒素酸化物濃度測定方法。

【請求項2】 請求項1に記載の測定方法において、前記NO_xセンサにおける酸素濃度測定セルの温度が所定の目標温度となるように、前記ヒータへの通電を制御することを特徴とする酸素濃度・窒素酸化物濃度測定方法。

【請求項3】 請求項2に記載の測定方法において、前記酸素濃度測定セルの温度の前記目標温度からのずれに応じて、前記酸素濃度及び前記窒素酸化物濃度の測定結果を補正することにより、各測定結果を温度補償することを特徴とする酸素濃度・窒素酸化物濃度測定方法。

【請求項4】 酸素イオン伝導性の固体電解質層を多孔質の電極で挟んでなる第1酸素ポンピングセル及び酸素濃度測定セルを有し、第1拡散律速層を介して被測定ガス側に連通された第1測定室と、酸素イオン伝導性の固体電解質層を多孔質の電極で挟んでなる第2酸素ポンピングセルを有し、第2拡散律速層を介して前記第1測定室と連通された第2測定室とを備えると共に、前記各セルを所定の活性温度まで加熱するヒータを備えたNO_xセンサを用いて、被測定ガス中の酸素濃度と窒素酸化物濃度とを測定する測定装置であって、前記酸素濃度測定セルの出力電圧が一定値となるように前記第1酸素ポンピングセルに電流を流して、前記第1測定室内の酸素濃度を一定に制御するポンプ電流制御手段と、前記第2酸素ポンピングセルに前記第2測定室から酸素を汲み出す方向に一定電圧を印加する定電圧印加手段と、前記第2酸素ポンピングセルに流れる電流値に基づき被測定ガス中の窒素酸化物濃度を測定する窒素酸化物濃度

測定手段と、

前記第1酸素ポンピングセルに流れる電流値から被測定ガス中の酸素濃度を測定する酸素濃度測定手段と、を備えたことを特徴とする酸素濃度・窒素酸化物濃度測定装置。

【請求項5】 前記酸素濃度測定セルの温度を検出する温度検出手段と、該温度検出手段にて検出された前記酸素濃度測定セルの温度が所定の目標温度となるように、前記ヒータへの通電を制御するヒータ通電制御手段と、を設けたことを特徴とする請求項4記載の酸素濃度・窒素酸化物測定装置。

【請求項6】 前記温度検出手段にて検出された前記酸素濃度測定セルの温度の前記目標温度からのずれに応じて、前記酸素濃度及び前記窒素酸化物濃度の測定結果を補正することにより各測定結果を温度補償する補正手段、を設けたことを特徴とする請求項5記載の酸素濃度・窒素酸化物濃度測定装置。

【請求項7】 前記温度検出手段は、前記酸素濃度測定セルの内部抵抗を検出することにより該セルの温度を検出し、前記ヒータ通電制御手段は、該検出された酸素濃度測定セルの内部抵抗が前記目標温度に対応した所定値となるように、前記ヒータへの通電を制御することを特徴とする請求項5又は請求項6記載の酸素濃度・窒素酸化物濃度測定装置。

【請求項8】 前記NO_xセンサにおいて、前記酸素濃度測定セルの前記第1測定室とは反対側の多孔質電極は閉塞されると共に、該閉塞空間内の酸素の一部を漏出抵抗部を介して外部に漏出可能に形成されており、前記ポンプ電流制御手段は、前記酸素濃度測定セルに前記第1測定室中の酸素を前記閉塞空間に汲み出す方向に微小電流を流して、該閉塞空間を内部酸素基準源として機能させつつ、該酸素濃度測定セルに生じる起電力が一定値となるように前記第1酸素ポンピングセルに流れる電流量を制御し、前記温度検出手段は、前記ポンプ電流制御手段と前記酸素濃度測定セルとの接続を周期的に遮断して、該遮断時に、前記酸素濃度測定セルに、前記微小電流よりも大きな内部抵抗検出用電流を前記微小電流とは逆方向に流し、そのとき前記酸素濃度測定セルの電極間に生じる電圧から前記酸素濃度測定セルの内部抵抗を検出することを特徴とする請求項7記載の酸素濃度・窒素酸化物濃度測定装置。

【請求項9】 前記温度検出手段は、前記酸素濃度測定セルに前記内部抵抗検出用電流を流して内部抵抗を検出した後、該内部抵抗検出用電流とは逆方向に電流を流すことを特徴とする請求項8記載の酸素濃度・窒素酸化物濃度測定装置。

【請求項10】 前記NO_xセンサにおいて、前記第1酸素ポンピングセル、酸素濃度測定セル及び第2酸素ポ

ンピングセルは、夫々、互いに異なる薄板状の固体電解質層に形成され、前記第1測定室及び第2測定室は、該各固体電解質層を、前記第1及び第2酸素ポンピングセルを形成した固体電解質層を外側に、所定の間隙を介して積層することにより構成され、前記ヒータは、基板にヒータ配線を形成した薄板状の2枚のヒータ基板からなり、各ヒータ基板を前記NO_xセンサにおける各固体電解質層の積層方向両側に所定の間隙を介して夫々配置することにより、前記NO_xセンサを加熱可能に構成され、しかも、前記第1拡散層を、前記第1酸素ポンピングセルが形成された固体電解質層の、前記ヒータ基板に形成されたヒータ配線の中央部との対向位置に形成してなることを特徴とする請求項4～請求項9いずれか記載の酸素濃度・窒素酸化物濃度測定装置。

【請求項11】 前記第2拡散律速層を、前記NO_xセンサを前記各固体電解質層の積層方向から投影したときに前記第1拡散律速層の少なくとも一部と重なるように形成し、該第2拡散律速層近傍に、前記酸素濃度測定セルを配置してなることを特徴とする請求項10記載の酸素濃度・窒素酸化物濃度測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、内燃機関等の各種燃焼機器から排出される有害成分である窒素酸化物の濃度を検出するために構成されたNO_xセンサを用いて酸素濃度と窒素酸化物濃度とを測定する酸素濃度・窒素酸化物濃度測定方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、窒素酸化物濃度測定装置として、例えば、ヨーロッパ特許出願公開明細書0678740A1、SAE paper No. 960334 P137～142 1996等の開示されているように、第1拡散律速層を介して被測定ガス側に連通された第1測定室と、この第1測定室に第2拡散律速層を介して連通された第2測定室とを、酸素イオン伝導性の固体電解質層にて形成し、第1測定室には、固体電解質層を多孔質の電極で挟むことにより第1酸素ポンピングセルと酸素濃度測定セルとを形成し、更に、第2測定室には、同じく固体電解質層を多孔質の電極で挟むことにより第2酸素ポンピングセルを形成したNO_xセンサを用いて、内燃機関等の排気中の窒素酸化物(NO_x)の濃度を検出するようにしたものが知られている。

【0003】この種の窒素酸化物濃度測定装置においては、酸素濃度測定セルからの出力電圧が予め設定された一定値となるように第1酸素ポンピングセルに電流を流すことにより、第1測定室内の酸素濃度を一定濃度に制御しつつ、第2酸素ポンピングセルに一定電圧を印加して、第2測定室から酸素を汲み出す。そして、この第2酸素ポンピングセルに流れる電流値から、被測定ガス中

のNO_x濃度を検出する。

【0004】つまり、被測定ガスである内燃機関等からの排気中には、NO_x以外に、酸素、一酸化炭素、二酸化炭素等の他のガス成分が存在するが、上記窒素酸化物濃度測定装置では、第1酸素ポンピングセルにより第1測定室内を酸素が極めて少ない低酸素濃度に制御し、更に、その低酸素濃度に制御された被測定ガスが流入する第2測定室側で、第2酸素ポンピングセルに第2測定室内の酸素を汲み出す方向に一定電圧を印加することにより、第2酸素ポンピングセルを構成する多孔質電極の触媒機能によって、被測定ガス中のNO_xを窒素と酸素とに分解させて第2測定室から酸素を抜き取り、そのとき第2酸素ポンピングセルに流れるポンプ電流を検出することにより、被測定ガス中の他のガス成分に影響されることなく、被測定ガス中のNO_x濃度を検出できるようにしている。

【0005】また、この種の窒素酸化物測定装置では、上記検出方法によってNO_x濃度を正確に検出するには、センサを所定の活性温度(例えば800℃以上)まで加熱して、各セルを活性化させる必要があることから、センサを加熱するためのヒータが別途設けられている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記窒素酸化物濃度測定装置は、例えば、燃料に対する空気の量が多い希薄空燃比(リーン空燃比)で運転されて排気中のNO_x成分が多くなる内燃機関(所謂リーンバーンエンジン)において、NO_xの排出を抑制するためにNO_xを還元するNO_x触媒の状態を監視することに使用される。

【0007】つまり、内燃機関の排気通路のNO_x触媒の下流側にNO_xセンサを装着してNO_x濃度を測定することにより、NO_x触媒からのNO_xの漏出量を検出し、そのNO_xの漏出量が増えてきたところで、内燃機関に供給する燃料混合気の空燃比を、一時的に、燃料の多いリッチ空燃比に制御して、内燃機関から未燃ガスを排出させ、この未燃ガスとNO_x触媒に蓄積されたNO_xとを反応させることにより、NO_xの排出量を抑制する、といった制御に使用される。

【0008】そして、このようなNO_x制御を実現するには、上記窒素酸化物濃度測定装置では内燃機関に供給された燃料混合気の空燃比を測定することができないことから、内燃機関には、排気中の酸素濃度から空燃比を測定する空燃比測定装置を別途設ける必要がある。

【0009】つまり、上記のようなNO_x制御を行なう場合には、内燃機関において一般に行なわれている空燃比制御を併せて実行する必要がある、このためには、内燃機関の排気系に、NO_xセンサと酸素濃度センサ(所謂空燃比センサ)とを夫々設けなければならない。

【0010】そこで本発明は、このようにNO_xセンサ

と空燃比センサとの2つのセンサを用いることなく、 NO_x センサだけで、 NO_x 濃度及び酸素濃度を測定し得る酸素濃度・窒素酸化物濃度測定方法及び装置を提供し、上記のような NO_x 制御を実現するに当たって NO_x 濃度及び酸素濃度（空燃比）の検出系の構成を簡単にすることを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】かかる目的を達成するためになされた請求項1に記載の発明は、酸素イオン伝導性の固体電解質層を多孔質の電極で挟んでなる第1酸素ポンピングセル及び酸素濃度測定セルを有し、第1拡散律速層を介して被測定ガス側に連通された第1測定室と、酸素イオン伝導性の固体電解質層を多孔質の電極で挟んでなる第2酸素ポンピングセルを有し、第2拡散律速層を介して前記第1測定室と連通された第2測定室とを備えると共に、前記各セルを所定の活性温度まで加熱するヒータを備えた NO_x センサを用いて、被測定ガス中の酸素濃度と窒素酸化物濃度とを測定する測定方法であって、前記酸素濃度測定セルの出力電圧が一定値となるように前記第1酸素ポンピングセルに電流を流して、前記第1測定室内の酸素濃度を一定に制御すると共に、前記第2酸素ポンピングセルに前記第2測定室から酸素を汲み出す方向に一定電圧を印加することにより、前記第2酸素ポンピングセルに流れる電流値から被測定ガス中の窒素酸化物濃度を測定し、前記第1酸素ポンピングセルに流れる電流値から被測定ガス中の酸素濃度を測定することを特徴とする。

【0012】そして、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の測定方法において、前記 NO_x センサにおける酸素濃度測定セルの温度が所定の目標温度となるように、前記ヒータへの通電を制御することを特徴とする。また、請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の測定方法において、前記酸素濃度測定セルの温度の前記目標温度からのずれに応じて、前記酸素濃度及び前記窒素酸化物濃度の測定結果を補正することにより、各測定結果を温度補償することを特徴とする。

【0013】一方、請求項4に記載の発明は、請求項1に記載の NO_x センサと同様の NO_x センサを用いて、被測定ガス中の酸素濃度と窒素酸化物濃度とを測定する測定装置であって、前記酸素濃度測定セルの出力電圧が一定値となるように前記第1酸素ポンピングセルに電流を流して、前記第1測定室内の酸素濃度を一定に制御するポンプ電流制御手段と、前記第2酸素ポンピングセルに前記第2測定室から酸素を汲み出す方向に一定電圧を印加する定電圧印加手段と、前記第2酸素ポンピングセルに流れる電流値に基づき被測定ガス中の窒素酸化物濃度を測定する窒素酸化物濃度測定手段と、前記第1酸素ポンピングセルに流れる電流値から被測定ガス中の酸素濃度を測定する酸素濃度測定手段と、を備えたことを特徴とする。

【0014】そして、請求項5に記載の発明は、この請求項4に記載の測定装置において、前記酸素濃度測定セルの温度を検出する温度検出手段と、該温度検出手段にて検出された前記酸素濃度測定セルの温度が所定の目標温度となるように、前記ヒータへの通電を制御するヒータ通電制御手段と、を設けたことを特徴とする。

【0015】また、請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の測定装置において、前記温度検出手段にて検出された前記酸素濃度測定セルの温度の前記目標温度からのずれに応じて、前記酸素濃度及び前記窒素酸化物濃度の測定結果を補正することにより各測定結果を温度補償する補正手段、を設けたことを特徴とする。

【0016】また次に、請求項7に記載の発明は、請求項5又は請求項6記載の酸素濃度・窒素酸化物濃度測定装置において、前記温度検出手段は、前記酸素濃度測定セルの内部抵抗を検出することにより該セルの温度を検出し、前記ヒータ通電制御手段は、該検出された酸素濃度測定セルの内部抵抗が前記目標温度に対応した所定値となるように、前記ヒータへの通電を制御することを特徴とする。

【0017】また、請求項8に記載の発明は、請求項7に記載の酸素濃度・窒素酸化物濃度測定装置において、前記 NO_x センサにおいて、前記酸素濃度測定セルの前記第1測定室とは反対側の多孔質電極は閉塞されると共に、該閉塞空間内の酸素の一部を漏出抵抗部を介して外部に漏出可能に形成されており、前記ポンプ電流制御手段は、前記酸素濃度測定セルに前記第1測定室中の酸素を前記閉塞空間に汲み出す方向に微小電流を流して、該閉塞空間を内部酸素基準源として機能させつつ、該酸素濃度測定セルに生じる起電力が一定値となるように前記第1酸素ポンピングセルに流れる電流量を制御し、前記温度検出手段は、前記ポンプ電流制御手段と前記酸素濃度測定セルとの接続を周期的に遮断して、該遮断時に、前記酸素濃度測定セルに、前記微小電流よりも大きな内部抵抗検出用電流を前記微小電流とは逆方向に流し、そのとき前記酸素濃度測定セルの電極間に生じる電圧から前記酸素濃度測定セルの内部抵抗を検出することを特徴とする。

【0018】また、請求項9に記載の発明は、請求項8記載の酸素濃度・窒素酸化物濃度測定装置において、前記温度検出手段は、前記酸素濃度測定セルに前記内部抵抗検出用電流を流して内部抵抗を検出した後、該内部抵抗検出用電流とは逆方向に電流を流すことを特徴とする。

【0019】一方、請求項10に記載の発明は、請求項4～請求項9いずれか記載の酸素濃度・窒素酸化物濃度測定装置において、前記 NO_x センサにおいて、前記第1酸素ポンピングセル、酸素濃度測定セル及び第2酸素ポンピングセルは、夫々、互いに異なる薄板状の固体電解質層に形成され、前記第1測定室及び第2測定室は、

該各固体電解質層を、前記第1及び第2酸素ポンピングセルを形成した固体電解質層を外側にして、所定の間隙を介して積層することにより構成され、前記ヒータは、基板にヒータ配線を形成した薄板状の2枚のヒータ基板からなり、各ヒータ基板を前記NO_xセンサにおける各固体電解質層の積層方向両側に所定の間隙を介して夫々配置することにより、前記NO_xセンサを加熱可能に構成され、しかも、前記第1拡散層を、前記第1酸素ポンピングセルが形成された固体電解質層の、前記ヒータ基板に形成されたヒータ配線の中央部との対向位置に形成してなることを特徴とする。

【0020】また、請求項11に記載の発明は、請求項10に記載の酸素濃度・窒素酸化物濃度測定装置において、前記第2拡散律速層を、前記NO_xセンサを前記各固体電解質層の積層方向から投影したときに前記第1拡散律速層の少なくとも一部と重なるように形成し、該第2拡散律速層近傍に、前記酸素濃度測定セルを配置してなることを特徴とする。

【0021】

【発明の実施の形態】請求項1に記載の測定方法では、NO_xセンサにおける酸素濃度測定セルの出力電圧が一定値となるように第1酸素ポンピングセルに電流を流して、第1測定室内の酸素濃度を一定に制御すると共に、第2酸素ポンピングセルに第2測定室から酸素を汲み出す方向に一定電圧を印加する。つまり、本発明方法では、NO_xセンサを用いてNO_x濃度を測定する場合と同様の駆動方向でNO_xセンサを駆動する。そして、このとき第2酸素ポンピングセルに流れる電流値から被測定ガス中の窒素酸化物濃度（NO_x濃度）を測定するだけでなく、第1酸素ポンピングセルに流れる電流値から被測定ガス中の酸素濃度を測定する。

【0022】これは、第1ポンピングセルに流れる電流を制御して第1測定室の酸素濃度を一定に制御するポンプ電流制御は、被測定ガスの拡散が制限された測定室にポンピングセルと酸素濃度測定セルとを設けた全領域空燃比センサを用いて被測定ガス中の酸素濃度を測定するときの動作と同じであり、第1ポンピングセルに流れるポンプ電流は、被測定ガス中の酸素濃度に比例し、その電流値から酸素濃度を測定できるからである。

【0023】そしてこのように、本発明によれば、NO_xセンサのみを用いて、被測定ガス中の酸素濃度とNO_x濃度とを測定するため、前述した内燃機関のNO_x制御を実現するために、内燃機関の排気系にNO_xセンサと空燃比センサとの2つのセンサを設ける必要がなく、その制御装置の構成を簡単にして、コストダウンを図ることができる。

【0024】また、本発明によれば、一つのNO_xセンサを用いて酸素濃度とNO_x濃度とを測定するため、これら各測定結果は、酸素濃度とNO_x濃度とを異なるセンサ（つまり酸素センサとNO_xセンサ）を用いて測定

した場合に比べて、極めて高い相関性を有することになる。従って、本発明方法により測定した酸素濃度とNO_x濃度とを用いれば、内燃機関の排気管に設けたNO_x触媒の劣化を高精度に判定することができるようになる。

【0025】即ち、NO_x触媒の劣化を知るには、定常的にNO_xがどの程度漏出しているかを検出する必要がある。このためには、NO_xの漏出量とそのときの制御空燃比とを比較し、制御空燃比に対するNO_xの漏出量が所定の許容範囲内にあるか否かを判定するようにすればよい。

【0026】つまり、内燃機関において、供給した燃料混合気の空燃比が小さいときにはNO_xの漏出量は少なく、逆に空燃比が大きいときにはNO_xの漏出量は多くなることから、空燃比に対するNO_x漏出量の許容値を予め設定しておき、内燃機関の運転時には、排気中の酸素濃度及びNO_x濃度を同時に測定して、その測定した酸素濃度（換言すれば空燃比）に対応したNO_x漏出量の許容値を読み出し、測定したNO_x濃度がその許容値以下であるか否かを判断して、NO_x濃度が許容値を越えている場合に、NO_x触媒の劣化を判定するようにすれば、排気中の酸素濃度とNO_x濃度とからNO_x触媒の劣化を判定することができる。

【0027】そして、このようなNO_x触媒の劣化判定を行う場合、酸素濃度の測定とNO_x濃度の測定とに異なるセンサを用いるようにしていると、各センサ毎の特性のばらつきや劣化の程度の差等によって、空燃比に対するNO_x濃度の検出特性に誤差が生じ、NO_x触媒の劣化の判定精度が低下することが考えられる。

【0028】しかし、個々のNO_xセンサ自体に特性のばらつきがあったとしても、1個のNO_xセンサによる空燃比とNO_xの検出精度のばらつきの差はない。そして、本発明によれば、一つのNO_xセンサを用いて被測定ガス中の酸素濃度とNO_x濃度とを測定することから、空燃比に対するNO_x濃度の検出特性に誤差が生じることはなく、その測定結果から、NO_x触媒の劣化を高精度に判定することができるようになるのである。

【0029】次に請求項2に記載の測定方法では、NO_xセンサにおける酸素濃度測定セルの温度が所定の目標温度となるように、NO_xセンサに設けられたヒータへの通電を制御する。これは、第1酸素ポンピングセルへの通電制御（ポンプ電流制御）によって第1測定室の酸素濃度を一定に制御できなければ、酸素濃度もNO_x濃度も正確に測定することはできず、第1測定室の酸素濃度を一定に制御するには、その酸素濃度を測定する酸素濃度測定セルの温度を一定温度に保持する必要があるためである。

【0030】つまり、酸素濃度測定セルは、固体電解質層を一对の多孔質電極で挟んだ場合、その電極間に、各電極側の酸素分圧P1、P2に応じて、ネルンストの式

(1)

$$EMF = a \times T \times \log (P1/P2) \quad \dots(1)$$

但し、 a ：比例定数、 T は絶対温度

で得られる起電力 EMF が生じることを利用し、酸素濃度測定室の第1測定室とは反対側の多孔質電極側を基準酸素濃度（酸素分圧 $P1$ ）とすることにより、第1測定室内の酸素濃度を測定するものである。従って、例えば、酸素濃度測定セルの温度 T が $1000^{\circ}K$ で、第1測定室内の酸素濃度が $1000ppm$ であったときに、酸素濃度測定セルの起電力 EMF が $200mV$ であったとすれば、温度 T が $800^{\circ}K$ になると、起電力 EMF は $160mV$ となってしまう。このため、第1測定室の酸素濃度を一定に制御するには（換言すれば、酸素濃度及び NO_x 濃度を正確に測定するには）、酸素濃度測定セルの温度を一定温度に保持する必要がある。

【0031】特に、従来より酸素濃度の測定に使用されている前述の全領域空燃比センサにおいては、ポンプ電流制御により測定室内を酸素が殆ど存在しない状態（酸素濃度ゼロの状態）に制御していることから、比較的安定した温度特性を得ることができるが、 NO_x センサでは、ポンプ電流制御により第1測定室内を酸素濃度ゼロの状態に制御すると、第1測定室内に流入した被測定ガス中の NO_x 成分を分解してしまい、第2酸素ポンピングセルを用いて NO_x 濃度を測定できない虞があるので、通常、第1測定室内の酸素濃度を、酸素が少し残った状態（例えば $1000ppm$ 程度の低酸素濃度）に制御しており、この結果、全領域空燃比センサに比べて温度特性が著しく低下する。

【0032】例えば、図10は、従来の全領域空燃比センサを用いたポンプ電流制御によって被測定ガス（酸素濃度固定）の酸素濃度を測定した場合の酸素濃度測定セルの出力電圧 V_s と酸素ポンピングセルに流れるポンプ電流 I_p との関係を表しているが、この図から明らかなように、酸素濃度測定セルの出力電圧 V_s が $450mV$ となって、測定室内の酸素濃度が略ゼロ（理論的には $10^{-9}atm$ 程度）となるように、ポンプ電流 I_p を制御した場合には、酸素濃度測定セルの温度を T_a 、 T_b 、 T_c と変化させても、ポンプ電流 I_p は ΔIPA しか変化せず、一度当たりの電流変化率は2%程度であるが、酸素濃度測定セルの出力電圧 V_s が $150mV$ となって、測定室内の酸素濃度が $1000ppm$ 程度の低酸素濃度となるように、ポンプ電流 I_p を制御した場合には、酸素濃度測定セルの温度を T_a 、 T_b 、 T_c と変化させると、ポンプ電流 I_p は ΔIPB と大きく変化し、一度当たりの電流変化率は数十%になってしまう。

【0033】従って、本発明のように NO_x センサを利用して酸素濃度及び NO_x 濃度を正確に測定するに当たって、第1酸素ポンピングセルのポンプ電流制御によって第1測定室内の酸素濃度を $1000ppm$ 程度の低酸素濃度に制御する場合には、酸素濃度測定セルの温度

を、一定温度に、より正確に制御する必要がある。

【0034】これに対して、請求項2に記載の測定方法によれば、 NO_x センサにおける酸素濃度測定セルの温度が所定の目標温度となるようにヒータへの通電を制御するため、酸素濃度測定セルを一定の目標温度に保持することができる。従って、請求項2に記載の測定方法によれば、 NO_x センサを用いて酸素濃度と NO_x 濃度とを測定することができるだけでなく、その測定精度を向上することができ、上述した内燃機関の NO_x 制御や NO_x 触媒の劣化判定を、より高精度に行うことが可能になる。

【0035】また次に、請求項3に記載の測定方法では、更に、酸素濃度測定セルの温度の目標温度からのずれに応じて、酸素濃度及び窒素酸化物濃度の測定結果を補正する。このため、本発明方法によれば、ヒータへの通電制御によって酸素濃度測定セルの温度を制御しているにもかかわらず、その温度が目標温度から変化してしまったとしても、酸素濃度及び NO_x 濃度の測定結果を温度補償することができ、酸素濃度及び NO_x 濃度をより高精度に測定することができる。

【0036】つまり、例えば、内燃機関の運転状態が変化して、被測定ガスである排気の温度が急変したような場合には、被測定ガスの温度変化に応じて NO_x センサの温度が一時的に変化し、ヒータ制御によって酸素濃度測定セルの温度を制御しきれないことがある。しかし、請求項3に記載の測定方法によれば、このような場合にも、酸素濃度及び NO_x 濃度を正確に測定できる。

【0037】次に、請求項4に記載の測定装置は、上記請求項1に記載の測定方法を実現する装置である。そして、この装置では、まず、ポンプ電流制御手段が、酸素濃度測定セルの出力電圧が一定値となるように第1酸素ポンピングセルに電流を流して、第1測定室内の酸素濃度を一定に制御すると共に、定電圧印加手段が、第2酸素ポンピングセルに第2測定室から酸素を汲み出す方向に一定電圧を印加する。そして、窒素酸化物濃度測定手段が、第2酸素ポンピングセルに流れる電流値に基づき被測定ガス中の窒素酸化物濃度を測定し、酸素濃度測定手段が、第1酸素ポンピングセルに流れる電流値から被測定ガス中の酸素濃度を測定する。

【0038】従って、請求項4に記載の測定装置によれば、上記請求項1に記載の測定方法を実現して、一つの NO_x センサを用いて被測定ガス中の酸素濃度と NO_x 濃度とを測定することができるようになり、前述した内燃機関の NO_x 制御を行う制御装置の構成を簡単にし、その装置のコストダウンを図ることができると共に、前述した NO_x 触媒の劣化判定を正確に行うことができるようになる。

【0039】また次に、請求項5に記載の測定装置では、更に、温度検出手段が、酸素濃度測定セルの温度を検出し、ヒータ通電制御手段が、その検出した酸素濃度

測定セルの温度が所定の目標温度となるように、 NO_x センサに設けられたヒータへの通電を制御する。つまり、請求項5に記載の測定装置は、請求項2に記載の測定方法を実現する装置であり、 NO_x センサを用いて酸素濃度と NO_x 濃度とを測定できるだけでなく、その測定精度を向上して、内燃機関の NO_x 制御や NO_x 触媒の劣化判定をより正確に行うことが可能になる。

【0040】また、請求項6に記載の測定装置においては、更に、補正手段が、温度検出手段にて検出された酸素濃度測定セルの温度の目標温度からのずれに応じて、酸素濃度及び前記窒素酸化物濃度の測定結果を補正する。つまり、請求項6に記載の測定装置は、請求項3に記載の測定方法を実現する装置であり、ヒータ通電制御手段によって酸素濃度測定セルの温度を目標温度に制御しているにもかかわらず、その温度が被測定ガス等の温度変化の影響を受けて目標温度から変化してしまった場合にでも、酸素濃度及び NO_x 濃度の測定結果を温度補償することができる。このため、酸素濃度及び NO_x 濃度をより高精度に測定することが可能になる。

【0041】ここで、酸素濃度測定セルの温度を検出する温度検出手段としては、例えば、酸素濃度測定セル近傍に温度検出用の素子を設けることによって実現することもできるが、この場合、 NO_x センサの構造が複雑になり、また酸素濃度測定セル自体の温度を正確に検出することも難しい。

【0042】従って、請求項7に記載のように、温度検出手段を、酸素濃度測定セルの内部抵抗を検出するように構成し、ヒータ通電制御手段において、その検出された酸素濃度測定セルの内部抵抗が目標温度に対応した所定値となるように、ヒータへの通電を制御するようにすることが望ましい。

【0043】つまり、酸素濃度測定セルの内部抵抗は、酸素濃度測定セルの温度に応じて変化する（温度が高くなる程内部抵抗が低くなる）ことから、請求項7に記載のように、酸素濃度測定セルの内部抵抗を検出するようにすれば、その検出した内部抵抗から、 NO_x センサに温度検出用の素子を別途設けることなく、酸素濃度測定セルの温度を正確に検出することができるようになり、 NO_x センサ（詳しくは酸素濃度測定セル）の温度制御を、より簡単且つ高精度に実行できることになる。

【0044】またこのように、温度検出手段にて酸素濃度測定セルの内部抵抗を検出する場合、温度検出手段としては、例えば、酸素濃度測定セルに内部抵抗検出用の定電圧を印加し、そのとき酸素濃度測定セルに流れる電流量を検出するように構成するか、或いは酸素濃度測定セルに内部抵抗検出用の定電流を流し、そのとき酸素濃度測定セルの両端電圧を検出するように構成すればよい。

【0045】但し、このように酸素濃度測定セルの内部抵抗を検出する際には、一時的に、ポンプ電流制御手段

と酸素濃度測定セルとの接続を遮断して、ポンプ電流制御手段による第1酸素ポンピングセルの通電制御を停止させる必要はある。つまり、内部抵抗検出のために酸素濃度測定セルに通電すると、その両端電圧は、第1測定室内の酸素濃度とは対応しない値となり、そのときポンプ電流制御手段の制御動作を継続させると、第1測定室内の酸素濃度が誤制御されてしまうことから、酸素濃度測定セルの内部抵抗検出時には、こうした誤制御が生じることのないよう、ポンプ電流制御手段による制御動作を停止させることが望ましい。

【0046】また次に、酸素濃度測定セルは、前述の(1)式で得られる起電力EMFにより第1測定室内の酸素濃度を測定するものであり、このセルを構成する一対の多孔質電極のうち、第1測定室と接しない電極側の酸素濃度は、一定の基準酸素濃度にする必要がある。そして、このためには、例えば、その電極側に、酸素濃度が一定の基準ガス（例えば大気）を導入するようにしてもよいが、このように外部から基準ガスを導入するには、 NO_x センサに基準ガス導入のための空隙を設けなければならない、 NO_x センサの構造が複雑になってしまう。

【0047】そこで、酸素濃度測定セルの第1測定室とは反対側の多孔質電極を基準酸素濃度とするには、請求項8に記載のように、 NO_x センサにおいて、酸素濃度測定セルの第1測定室とは反対側の多孔質電極を閉塞すると共に、その閉塞空間内の酸素の一部が漏出抵抗部を介して外部に漏出可能に形成し、ポンプ電流制御手段側で、酸素濃度測定セルに対して、第1測定室中の酸素を閉塞空間に汲み出す方向に微小電流を流し、その閉塞空間を内部酸素基準源として機能させつつ、酸素濃度測定セルに生じる起電力が一定値となるように第1酸素ポンピングセルに流れる電流量を制御するようにすればよい。つまり、このように構成すれば、 NO_x センサに基準ガス導入のための空隙を設ける必要はなく、 NO_x センサの構造を簡単にすることができる。

【0048】そして、この場合、温度検出手段により酸素濃度測定セルの内部抵抗を測定するには、請求項8に記載のように、温度検出手段を、ポンプ電流制御手段と酸素濃度測定セルとの接続を周期的に遮断して、その遮断時に、酸素濃度測定セルに、内部酸素基準源生成用の微小電流よりも大きな内部抵抗検出用電流を、微小電流とは逆方向に流し、そのとき酸素濃度測定セルの電極間に生じる電圧から、酸素濃度測定セルの内部抵抗を検出するようにすることが望ましい。

【0049】即ち、本発明の酸素濃度測定セルは微小電流の通電により内部酸素基準源を自己生成するため、その内部酸素基準源となる閉塞空間内には酸素が充分蓄積されており、内部抵抗検出用の電流を微小電流と同方向に流すと閉塞空間内の酸素が多くなり過ぎ、充満した酸素によって NO_x センサに亀裂が入る虞がある。

【0050】そこで、請求項8に記載の測定装置では、

酸素濃度測定セルの内部抵抗を検出するために、酸素濃度測定セルに対して、通常時に流す微小電流とは逆方向に内部抵抗検出用の電流を流し、そのとき生じた電極間電圧から、酸素濃度測定セルの内部抵抗を検出するようにしているのである。

【0051】なお、酸素濃度測定セルに電流を流した場合、酸素濃度測定セルが発生する電圧（電極間電圧）は、酸素濃度測定セルの内部抵抗だけでなく、各電極側の酸素濃度の比に応じて発生する起電力によっても変化するが、酸素濃度測定セルの各電極側の酸素濃度（つまり第1測定室内の酸素濃度及び閉塞空間内の酸素濃度）は、夫々、微小電流の通電及びポンプ電流制御手段による第1酸素ポンピングセルの通電制御によって、略一定になっているため、内部抵抗検出用電流の通電開始直後の起電力は程一定であり、本発明によれば、この起電力の影響を受けることなく酸素濃度測定セルの内部抵抗を検出できる。

【0052】またこのように、酸素濃度測定セルの内部抵抗を検出するために、酸素濃度測定セルに内部抵抗検出用電流を流した場合、酸素濃度測定セルはポンピングセルとして働き、その通電電流量に応じて、電流方向とは逆方向に酸素が移動する。この結果、閉塞空間内の酸素濃度は、内部抵抗検出用電流とその通電時間とに応じて低下し、内部抵抗検出後、微小電流の通電によって閉塞空間内の酸素濃度が基準酸素濃度に戻り、酸素濃度測定セルにて第1測定室内の酸素濃度を正確に検出できるようになるには、ある程度の時間を要し、内部抵抗検出直後から、ポンプ電流制御手段の制御動作を再開させても、被測定ガス中の酸素濃度及びNO_x濃度を正確に測定することはできない。

【0053】そして、内部抵抗検出後、酸素濃度及びNO_x濃度を正確に測定できるようになるまでの時間を短くするには、請求項9に記載のように、温度検出手段を、酸素濃度測定セルに内部抵抗検出用電流を流して内部抵抗を検出した後、その内部抵抗検出用電流とは逆方向に電流を流すように構成すればよい。

【0054】つまり、酸素濃度測定セルの内部抵抗検出時には、酸素濃度測定セルに、内部抵抗検出用電流を交番に流すようにすれば、酸素濃度測定セルの各電極側の酸素濃度、及び酸素濃度測定セルの一時的な起電力低下の状態が、内部抵抗検出前の安定状態に速やかに復帰することになり、内部抵抗検出後、酸素濃度及びNO_x濃度を正確に測定できるようになるまでの時間を短くできる。

【0055】また次に、本発明では、NO_xセンサを構成している3種のセルのうち、酸素濃度及びNO_x濃度の測定精度に最も影響を与える第1測定室内の酸素濃度を検出する酸素濃度測定セルの温度を検出して、その温度が目標温度となるようにヒータへの通電電流を制御するが、NO_xセンサの構造によっては、第1酸素ポンピ

ングセルや第2酸素ポンピングセルの温度が目標温度から大きくずれて、酸素濃度及びNO_x濃度の測定精度を確保できないことも考えられる。

【0056】そこで、ヒータ通電制御手段による効果をより良好に得られるようにするには、請求項10に記載のように、NO_xセンサにおいて、第1酸素ポンピングセル、酸素濃度測定セル及び第2酸素ポンピングセルは、夫々、互いに異なる薄板状の固体電解質層に形成され、第1測定室及び第2測定室は、各固体電解質層を、第1及び第2酸素ポンピングセルを形成した固体電解質層を外側にして、所定の間隙を介して積層することにより構成され、ヒータは、基板にヒータ配線を形成した薄板状の2枚のヒータ基板からなり、各ヒータ基板をNO_xセンサにおける各固体電解質層の積層方向両側に所定の間隙を介して夫々配置することにより、NO_xセンサを加熱可能に構成され、しかも、第1拡散層を、第1酸素ポンピングセルが形成された固体電解質層の、ヒータ基板に形成されたヒータ配線の中央部との対向位置に形成することが望ましい。

【0057】つまり、NO_xセンサ及びヒータを上記のように形成すれば、酸素濃度測定セルが形成された固体電解質層が、第1酸素ポンピングセル及び第2酸素ポンピングセルが形成された固体電解質層に挟まれ、更にその積層方向両側にヒータ基板が配置されることになるので、ヒータの通電制御によって酸素濃度測定セルの温度を目標温度に制御すれば、第1酸素ポンピングセル及び第2酸素ポンピングセルをより確実に目標温度に制御することができ、しかも第1拡散層から第1測定室に流入する被測定ガスもヒータにより充分加熱することができるようになる。

【0058】この結果、請求項10に記載の測定装置によれば、NO_xセンサにおける各セルの温度のばらつきを少なくすると共に、各セルが被測定ガスの温度の影響を受け難くして、酸素濃度及びNO_x濃度の測定精度をより向上することが可能になる。

【0059】またこの場合、請求項11に記載のように、第2拡散律速層を、NO_xセンサを各固体電解質層の積層方向から投影したときに第1拡散律速層の少なくとも一部と重なるように形成し、この第2拡散律速層近傍に、酸素濃度測定セルを配置するようにすれば、NO_xセンサ及びその内部の被測定ガスの温度を目標温度により確実に制御することができ、酸素濃度及びNO_x濃度の測定精度を向上できることになる。

【0060】

【実施例】以下に本発明の一実施例を図面と共に説明する。図1は本発明が適用された実施例の酸素濃度・窒素酸化物濃度測定装置全体の構成を表す概略構成図、図2はこの測定装置において用いられるNO_xセンサ2の分解斜視図である。図1に示す如く、本実施例の測定装置は、NO_xセンサ2と、NO_xセンサ2を構成する第1

酸素ポンピングセル（以下、第1ポンプセルという）4及び酸素濃度測定セル（以下、V_sセルという）6への通電及び通電経路の切り換えを行なうと共に、第1ポンプセル4に流れる電流（以下、第1ポンプ電流という）IP1を検出する駆動回路40と、NO_xセンサ2を構成する第2酸素ポンピングセル（以下、第2ポンプセルという）8に定電圧を印加してそのとき流れる電流（以下、第2ポンプ電流という）IP2を検出する検出回路42と、NO_xセンサ2に設けられた一対のヒータ12、14へ通電して各セル4、6、8を加熱させるヒータ通電回路44と、駆動回路40及びヒータ通電回路44を制御すると共に、駆動回路40及び検出回路42からの検出信号VIP1、VIP2に基づき被測定ガス中の酸素濃度及びNO_x濃度を演算する、マイクロコンピュータからなる電子制御回路（以下、ECUという）50とから構成されている。

【0061】図2に示す如く、NO_xセンサ2において、第1ポンプセル4は、板状に形成された固体電解質層4aの両側に、夫々、矩形状の多孔質電極4b、4c及びそのリード部4bl、4clを形成し、更に、多孔質電極4b、4cの中心部分を貫通するように固体電解質層4aに丸孔を穿設して、その丸孔に多孔質の充填材を詰めることにより、拡散律速層4dを形成したものである。

【0062】またV_sセル6は、第1ポンプセル4の固体電解質層4aと同形状の固体電解質層6aの両側に、夫々、円形状の多孔質電極6b、6c及びそのリード部6bl、6clを形成し、更に、多孔質電極6b、6cの中心部分を貫通するように固体電解質層6aに丸孔を穿設して、その丸孔に多孔質の充填材を詰めることにより、拡散律速層6dを形成したものである。

【0063】そして、このV_sセル6の多孔質電極6b、6cと第1ポンプセル4の多孔質電極4b、4cとは、固体電解質層4a、6a上での中心位置が略一致し、V_sセル6と第1ポンプセル4とを積層した際、各拡散律速層6d、4dが互いに対向するようにされている。また、V_sセル6に形成される円形状の多孔質電極6b、6cは、第1ポンプセル4に形成される矩形状の多孔質電極4b、4cよりも小さくなっている。また、V_sセル6の表裏面には、リード部6bl、6clからの電流リークを防止するために、リード部6bl、6clを外側から覆うようにアルミナ等からなる絶縁膜が形成されており、しかも各リード部6bl、6cl間には、後述の通電制御によって多孔質電極6c側に汲み込まれた酸素の一部を多孔質電極6b側に漏出させる漏出抵抗部6fが形成されている。

【0064】このように形成された第1ポンプセル4及びV_sセル6は、上記各固体電解質層4a、6aと同形状の固体電解質層18を介して積層される。そして、この固体電解質層18の各多孔質電極4c、6bとの対向

位置には、多孔質電極4cよりも大きな矩形状の孔が穿設されており、この孔が第1測定室20として機能する。

【0065】またV_sセル6の多孔質電極6c側にも、上記各固体電解質層4a、6aと同形状の固体電解質層22が積層される。そして、この固体電解質層22には、V_sセル6の拡散律速層6dと同位置に同寸法の丸孔を穿設して、その丸孔に多孔質の充填材を詰めることにより、拡散律速層22dが形成されている。

【0066】一方、第2ポンプセル8は、第1ポンプセル4と同様、板状に形成された固体電解質層8aの両側に、夫々、矩形状の多孔質電極8b、8c及びそのリード部8bl、8clを形成したものである。そして、この第2ポンプセル8は、固体電解質層18と全く同様に形成された固体電解質層24を介して、固体電解質層22に積層される。この結果、固体電解質層24に穿設された矩形状の孔が第2測定室26として機能することになる。

【0067】そして、ヒータ12、14を除くNO_xセンサ2は、上記各部を積層して一体化した後、所定温度で焼結することにより、作製される。またこのように積層される第1ポンプセル4、V_sセル6、第2ポンプセル8の積層体の両側、つまり、第1ポンプセル4と第2ポンプセル8の外側には、夫々、スペーサ28、29により所定間隔を開けて、ヒータ12、14が積層される。

【0068】このヒータ12、14は、上記各固体電解質層4a、6a、…と同形状のヒータ基板12a、14aと、各ヒータ基板12a、14aの上記各セル4、8との対向面側に形成されたヒータ配線12b、14b及びそのリード部12bl、14blとからなり、スペーサ28、29は、このヒータ配線12b、14bが、第1ポンプセル4及び第2ポンプセル8の多孔質電極4b及び8cと、夫々、間隙を介して互いに対向するように、ヒータ配線12b、14bのリード部12bl、14bl側に配置される。

【0069】ヒータ基板12a、14aは、アルミナでできており、ヒータ配線は、白金粉末にアルミナを混合してペースト状としたものを、アルミナのシートにスクリーン印刷し、焼成して形成する。なお、アルミナシートは、焼成によりヒータ基板12a、14a及びスペーサ28、29となる。そして、ヒータ12、14は、既に焼成された第1ポンプセル4及び第2ポンプセル8の両面からセラミック系接着剤を用いて接合され、完全なNO_xセンサ2となる。

【0070】ここで、上記各固体電解質層4a、6a、…を構成する固体電解質材料としては、ジルコニアとイットリアの固溶体やジルコニアとカルシアの固溶体が代表的なものであるが、他にハフニアの固溶体、ペロブスカイト型酸化物固溶体、3価金属酸化物固溶体等も使用

できる。また各固体電解質層4a, 6a, 8aの表面に設ける多孔質電極には、触媒機能を有する白金やロジウム或はその合金を使用するのが好ましい。そして、その形成方法としては、たとえば、白金粉末に固体電解質層と同じ材料の粉末を混合したものをペースト状とし、固体電解質層上にスクリーン印刷し、次いで焼結する厚膜形成方法や、蒸着による被膜形成方法が知られている。また、拡散律速層4d, 6d, 22dは、細い貫通孔を有するセラミックスや多孔質セラミックスを使用するのが好ましい。

【0071】一方、ヒータ12, 14のヒータ配線12b, 14bは、セラミックスと白金又は白金合金の複合材料とし、そのリード部12bl, 14blは、抵抗値を低下してリード部での電気ロスを低減するために、白金又は白金合金とすることが好ましい。また、ヒータ基板12a, 14a及びスペーサ28, 29には、アルミナ、スピネル、フォスフェイト、ステアタイト、ジルコニア等を用いることができる。

【0072】次に、図1に示すように、NO_xセンサ2の第1ポンプセル4及びVsセル6の第1測定室20側の多孔質電極4c, 6bは、抵抗器R1を介して接地されており、他方の多孔質電極4b及び6cは、駆動回路40に接続されている。駆動回路40は、一端に定電圧VCPが印加され、他端が開閉スイッチSW1を介してVsセル6の多孔質電極6cに接続された抵抗器R2と、一側入力端子に開閉スイッチSW1を介してVsセル6の多孔質電極6cが接続され、+側入力端子に基準電圧VC0が印加され、出力端子が抵抗器R0を介して第1ポンプセル4の多孔質電極4bに接続された差動増幅器AMPと、からなる制御部40aを備える。

【0073】この制御部40aは、開閉スイッチSW1がオン状態にあるときに次のように動作する。まず、抵抗器R2を介してVsセル6に一定の微小電流iCPを流すことにより、第1測定室20内の酸素をVsセル6の多孔質電極6c側に汲み込む。この多孔質電極6cは、固体電解質層22により閉塞されると共に、漏出抵抗部6fを介して多孔質電極6b側と連通していることから、微小電流iCPの通電により多孔質電極6c内の閉塞空間は一定の酸素濃度となり、内部酸素基準源として機能する。

【0074】またこのようにVsセル6の多孔質電極6c側が内部酸素基準源として機能すると、Vsセル6には、第1測定室20内の酸素濃度と内部酸素基準源側の酸素濃度との比に応じた起電力が発生し、多孔質電極6c側電圧Vsは、第1測定室20内の酸素濃度に応じた電圧となる。そしてこの電圧は、差動増幅器AMPに入力されることから、差動増幅器AMPからは、基準電圧VC0とその入力電圧との偏差(VC0-入力電圧)に応じた電圧が出力され、この出力電圧が、抵抗器R0を介して第1ポンプセル4の多孔質電極4bに印加される。

【0075】この結果、第1ポンプセル4には、第1ポンプ電流IP1が流れ、この第1ポンプ電流IP1により、Vsセル6に発生した起電力が一定電圧となるように(換言すれば第1測定室20内の酸素濃度が一定濃度となるように)制御される。つまり、この制御部40aは、ポンプ電流制御手段として機能し、拡散律速層4dを介して第1測定室20内に被測定ガスが流入してきた場合に、第1測定室20内の酸素濃度が一定濃度となるように、第1測定室20内の酸素濃度を制御する。

【0076】なお、このように制御される第1測定室20内の酸素濃度は、第1ポンプ電流IP1の通電により第1測定室20内の被測定ガス中のNO_x成分を分解してしまうことのないよう、酸素が少し存在する低酸素濃度(例えば1000ppm程度)となるように設定されており、この酸素濃度を決定する基準電圧VC0には、100mV~200mV程度の値が設定される。また、差動増幅器AMPの出力と多孔質電極4bとの間に設けられた抵抗器R0は、第1ポンプ電流IP1を検出するためのものであり、その両端電圧VIP1は、第1ポンプ電流IP1の検出信号としてECU50に入力される。

【0077】次に、駆動回路40には、上記制御部40aに加えて、開閉スイッチSW2を介してVsセル6の多孔質電極6cに接続され、多孔質電極6b-6c間に上記微小電流iCPとは逆方向に定電流を流す定電流回路40bと、開閉スイッチSW3を介してVsセル6の多孔質電極6cに接続され、多孔質電極6b-6c間に上記微小電流iCPと同方向に定電流を流す定電流回路40cとが備えられている。

【0078】これら各定電流回路40b, 40cは、Vsセル6の内部抵抗RVSを検出するためのものである。そして、この定電流の通電によりVsセル6の内部抵抗RVSをECU50側で検出できるようにするために、多孔質電極6c側電圧VsはECU50に入力される。なお、各定電流回路40b, 40cが流す定電流は、電流方向が異なるだけで同じ電流値に設定されている。そして、この電流値は、抵抗器R2を介してVsセル6に供給される微小電流iCPよりも大きい。

【0079】また、制御部40a、定電流回路40b及び40cと、Vsセル6の多孔質電極6cとの間に夫々設けられた開閉スイッチSW1~SW3は、ECU50からの制御信号によりオン・オフされ、酸素濃度及びNO_x濃度の測定動作を行なう。通常時には、開閉スイッチSW1のみがオン状態となって制御部40aが動作し、Vsセル6の内部抵抗RVSを検出する場合にのみ、開閉スイッチSW1がオフ状態となって、開閉スイッチSW2, SW3が順にオン状態に制御される。

【0080】一方、NO_xセンサ2の第2ポンプセル8の多孔質電極8b, 8c間には、上記検出回路42を構成する定電圧印加手段としての抵抗器R3を介して、定電圧VP2が印加される。この定電圧VP2の印加方向は、

第2ポンプセル8において多孔質電極8cから8b側に電流が流れて、第2測定室26内の酸素が外部に汲み出されるように、多孔質電極8c側が正極、多孔質電極8b側が負極となるように設定されている。また、この定電圧VP2は、第1測定室20から拡散律速層6d、22dを介して流入してくる第2測定室内の被測定ガス中のNO_x成分を分解して、その酸素成分を汲み出すことができる電圧、例えば450mVに設定されている。

【0081】なお、抵抗器R3は、この定電圧VP2の印加によって第2ポンプセル8に流れる第2ポンプ電流IP2を電圧VIP2に変換し、第2ポンプ電流IP2の検出信号としてECU50に入力するためのものである。このように構成された本実施例の酸素濃度・窒素酸化物濃度測定装置においては、駆動回路40内の開閉スイッチSW1をオンし、開閉スイッチSW2、SW3をオフしておけば、制御部40aの動作によって、被測定ガスが拡散律速層（第1拡散律速層）4dを介して流入する第1測定室20内の酸素濃度が一定酸素濃度に制御され、その一定酸素濃度に制御された第1測定室20内の被測定ガスが拡散律速層（第2拡散律速層）6d、22dを介して第2測定室26に流入するため、第1ポンプセル4に流れる第1ポンプ電流IP1は被測定ガス中の酸素濃度に応じて変化し、第2ポンプセル8に流れる第2ポンプ電流IP2は被測定ガス中のNO_x濃度に応じて変化するようになり、ECU50側でこれら各電流IP1、IP2を表す検出信号VIP1及びVIP2を読み込み、所定の演算処理を実行することにより、被測定ガス中の酸素濃度及びNO_x濃度を測定することができる。

【0082】ところで、これら各濃度の測定精度を確保するには、上記各セル4、6、8の温度、特に第1測定室20内の酸素濃度を検出するVsセル6の温度を、一定に制御する必要がある。このためには、ヒータ通電回路44から各ヒータ12、14への通電電流量を、Vsセル6の温度が目標温度となるように制御する必要がある。そこで、本実施例では、ECU50において、上記開閉スイッチSW1～SW3のオン・オフ状態を切り換えることによりVsセル6の温度をその内部抵抗RVSから検出し、この検出した内部抵抗RVSが一定値（つまりVsセル6の温度が目標温度）となるように、ヒータ通電回路44からヒータ12、14への通電量を制御する。

【0083】以下、こうした温度制御及び濃度測定のためにECU50において実行される制御処理について、図3及び図4に示すフローチャートに沿って説明する。なお、図3は、酸素濃度及びNO_x濃度を測定するためにECU50において繰返し実行される酸素濃度・NO_x濃度測定処理を表わし、図4は、Vsセル6の内部抵抗RVSを検出してヒータ12、14への通電を制御するためにECU50において一定時間T0（例えば1sec.）毎の割込み処理として実行される内部抵抗検出処理

を表わす。

【0084】図3に示す如く、酸素濃度・NO_x濃度測定処理では、まずS100（Sはステップを表わす）にて、当該測定装置の起動後、ヒータ12、14への通電によってNO_xセンサ2が活性化したか否かを判断することにより、NO_xセンサ2が活性化するのを待つ、活性化判定処理を実行する。

【0085】この活性化判定処理は、例えば、後述の内部抵抗検出処理にて検出されるVsセル6の内部抵抗RVSが予め設定された活性化判定値以下になったか否かを判断することにより実行される。つまり、図5に示す如く、Vsセル6の内部抵抗RVSは、素子温度が上昇してVsセル6が活性化するに従い減少するので、S100では、ヒータ12、14への通電開始後、Vsセル6の内部抵抗RVSが活性化判定値以下になったか否かを判断することにより、素子温度が所定の活性化温度に達したか否かを判断するのである。

【0086】また、当該測定装置の起動直後は、図示しない初期化処理によって、駆動回路40内の開閉スイッチSW1がオン状態、開閉スイッチSW2、SW3がオフ状態に制御されるが、上記S100の活性化判定処理によってNO_xセンサ2が活性化温度近傍にまで上昇するまでの間は、駆動回路40内の差動増幅器AMPの動作は停止される。これは、NO_xセンサ2が活性化していない状態では、Vsセル6の内部抵抗RVSが大きいため、差動増幅器AMPに入力される多孔質電極6c側電圧Vsが高くなりすぎ、差動増幅器AMPを動作させると、第1ポンプセル4に過電流が流れてしまうからである。

【0087】次に、S100にてNO_xセンサ2が活性化したと判断されると、S110に移行し、検出回路42の抵抗器R3から入力される検出信号VIP2を読み込むことにより、第2ポンプ電流IP2を検出する、窒素酸化物濃度測定手段としての処理を実行する。また続くS120では、駆動回路40の抵抗器R0から入力される検出信号VIP1を読み込むことにより、第1ポンプ電流IP1を検出する、酸素濃度測定手段としての処理を実行する。

【0088】そして、続くS130では、その検出した第1ポンプ電流IP1に基づき、第2ポンプ電流IP2に対する基準補正量を算出する。即ち、本実施例では、上記駆動回路40によるポンプ電流制御によって、第1測定室20内の被測定ガス中のNO_x成分を分解してしまうことのないよう、第1測定室20内の酸素濃度を低酸素濃度に制御していることから、第2測定室26には、被測定ガス中のNO_xだけでなく酸素も流入する。従って、第2ポンプ電流IP2は、被測定ガス中のNO_x濃度に対応して変化するものの、被測定ガス中の酸素濃度の影響も受ける。図6は、NO_xを含まない試験用ガスを被測定ガスとして当該装置を動作させた際の第1ポンプ

電流 I P1 と第 2 ポンプ電流 I P2 の測定結果の一例を表わしているが、この図からも明らかなように、第 1 ポンプ電流 I P1 は被測定ガス中の酸素濃度に対応して一定の傾きで変化し、第 2 ポンプ電流 I P2 も被測定ガス中の酸素濃度の影響を受けて変化する。

【0089】そこで本実施例では、第 2 ポンプ電流 I P2 を被測定ガス中の NO_x 濃度のみに対応させるために、上記のように NO_x を含まない被測定ガスを測定した際に得られる酸素濃度に対応した第 2 ポンプ電流 I P2 の値を、第 2 ポンプ電流 I P2 補正のためのオフセット値として ROM 等の記憶媒体に予め記憶しておき、第 1 ポンプ電流 I P1 から被測定ガス中の酸素濃度を検出して、この酸素濃度に対応したオフセット値を、予め記憶したオフセット値データの中から読み出し、上記基準補正量として設定するようにしているのである。

【0090】なお、この基準補正量を実際に算出する際には、第 1 ポンプ電流 I P1 に対応してオフセット値（つまり基準補正量）を記憶したマップが使用され、第 1 ポンプ電流 I P1 をパラメータとしてこのマップを検索することにより、第 1 ポンプ電流 I P1 から直接基準補正量を求める。

【0091】こうして基準補正量が算出されると、今度は、S140 に移行し、後述の内部抵抗検出処理で得られた V s セル 6 の内部抵抗 RVS を読み込む。そして、続く S150 では、この読み込んだ内部抵抗 RVS に基づき、第 2 ポンプ電流 I P2 に対する温度補正量を算出する。

【0092】つまり、本実施例では、後述の内部抵抗検出処理において、V s セル 6 の内部抵抗 RVS を検出して、その内部抵抗 RVS が所定値となるように（換言すれば NO_x センサ 2 の温度が所定の目標温度となるように）、ヒータ 12、14 への通電を制御するが、被測定ガスの温度が急変したような場合には、温度制御を被測定ガスの温度変化に追従させることができず、NO_x センサ 2 の温度が被測定ガスの温度変化によって変化することがある。

【0093】例えば、図 7 は、本実施例の測定装置を用いて内燃機関の排気中の NO_x 濃度を測定すべく、NO_x センサ 2 を内燃機関の排気管に取り付け、当該装置を動作させた場合の、NO_x センサ 2 の温度変化を測定した測定結果の一例を表わしている。この図からも明らかなように、本実施例の測定装置では、後述の温度制御を行なっているにもかかわらず、内燃機関の加速時に吸入空気量の増大に伴い排気温度が一時的に低下したり、内燃機関の減速時に吸入空気量の減少に伴い排気温度が一時的に上昇したりすると、NO_x センサ 2 がその温度変化の影響を受けて、第 1 ポンプ電流 I P1、第 2 ポンプ電流 I P2 が共に変化してしまい、特に第 2 ポンプ電流 I P2 は、安定状態に戻るまでに約 1 分もの時間を要することになる。なお、これは、第 1 ポンプ電流 I P2 が排気温度

の影響を受けることにより第 1 測定室 20 内の酸素濃度が目標濃度から一旦ずれると、その後、その酸素濃度を目標濃度に戻すのに時間がかかるためである。

【0094】そこで、本実施例では、被測定ガスの温度が急変しても、第 2 ポンプ電流 I P2 から NO_x 濃度を正確に測定できるようにするために、V s セル 6 の内部抵抗 RVS から V s セル 6 の温度を求め、例えば図 8 に如き温度補正量算出用のマップを用いて、第 2 ポンプ電流 I P2 に対する温度補正量を求めるようにしているのである。

【0095】なお、図 8 に示すマップは、V s セル 6 の素子温度から温度補正量を求めるように設定されているが、V s セル 6 の内部抵抗 RVS をパラメータとする温度補正量算出用のマップを予め設定しておけば、内部抵抗 RVS を温度に換算することなく、内部抵抗 RVS から直接温度補正量を求めることができる。また、例えば、素子温度と目標温度（図 8 では目標温度が 850℃となっている）との偏差をパラメータとするマップを予め設定しておき、素子温度の目標温度からのずれ（偏差）から温度補正量を求めるようにしてもよく、或は、内部抵抗 RVS と目標温度に対応した目標抵抗値との偏差をパラメータとするマップを予め設定しておき、内部抵抗 RVS の目標抵抗値からのずれ（偏差）から温度補正量を求めるようにしてもよい。

【0096】次に、S150 にて温度補正量が算出されると、S160 に移行し、S110 で検出した第 2 ポンプ電流 I P2 に基準補正量及び温度補正量を加算することにより、第 2 ポンプ電流 I P2 を補正する。そして、続く S170 では、この補正後の第 2 ポンプ電流 I P2 を NO_x 濃度の測定結果として外部装置（エンジン制御装置等）に出力する。

【0097】また次に、S180 では、S140 で読み込んだ内部抵抗 RVS に基づき、第 1 ポンプ電流 I P1 に対する温度補正量を算出する。そして、続く S190 では、この算出した温度補正量を用いて、S120 で検出した第 1 ポンプ電流 I P1 を補正し、続く S200 にて、この補正後の第 1 ポンプ電流 I P1 を酸素濃度の測定結果として外部装置に出力し、再度 S110 に移行する。

【0098】なお、S180 及び S190 の処理は、第 1 ポンプ電流 I P1 を、NO_x センサ 2 の温度変化に影響されることなく、被測定ガス中の酸素濃度に対応させるための処理であり、S180 では、上記 S150 と同様、予め設定されたマップを用いて第 1 ポンプ電流 I P1 に対する温度補正量を算出する。

【0099】そして、本実施例では、NO_x 濃度に対応した第 2 ポンプ電流 I P2 と酸素濃度に対応した第 1 ポンプ電流 I P1 とを、夫々、V s セル 6 の温度に応じて補正するために実行される S150、S160、S180、S190 の処理が、本発明の補正手段に相当する。

【0100】ここで、本実施例では、上記酸素濃度・N

Ox濃度測定処理において、第1ポンプ電流IP1に基づき被測定ガス中の酸素濃度に応じて第2ポンプ電流IP2を補正するための基準補正量と、Vsセル6の温度に応じて第2ポンプ電流IP2を補正するための温度補正量とを個々に求めて、第2ポンプ電流IP2を補正するものとして説明したが、例えば、Vsセル6の温度毎に、基準補正量算出用のマップを設定しておき、Vsセル6の温度に応じて、基準補正量の算出に使用するマップを切り換えることにより、被測定ガス中の酸素濃度とVsセル6の温度とに応じて第2ポンプ電流IP2を補正するための補正量を求めるようにしてもよく、或は、第1ポンプ電流IP1とVsセル6の温度（又は内部抵抗RVS）をパラメータとする補正量算出用の2次元マップを予め設定しておき、このマップを用いて第2ポンプ電流IP2に対する補正量を求めるようにしてもよい。

【0101】次に、図4に示す内部抵抗検出処理を説明する。なお、この内部抵抗検出処理は、単にVsセル6の内部抵抗RVSを検出する温度検出手段としての機能だけでなく、その検出結果からヒータ通電回路44を介してヒータ12、14への通電電流量を制御するヒータ通電制御手段としての機能も有する。

【0102】図4に示す如く、この処理が開始されると、S210にて、Vsセル6の多孔質電極6c側電圧Vsを読み込み、これをVsセル6の基本検出電圧VS1として設定する。そして、続くS220では、濃度測定のためにオン状態にされていた開閉スイッチSW1をオフし、定電流回路40bに接続された開閉スイッチSW2をオンすることにより、Vsセル6に微小電流iCPとは逆方向（つまり今まで内部酸素基準源となっていた閉塞空間側から第1測定室20側に酸素を汲み込む方向）に定電流を流す。

【0103】また、続くS230では、当該検出処理の起動後、所定時間T1（例えば60μsec.）が経過したか否かを判断することにより、所定時間T1が経過するのを待ち、所定時間T1が経過すると、S240にて、Vsセル6の多孔質電極6c側電圧Vsを読み込み、これをVsセル6の抵抗検出電圧VS2として設定する。

【0104】こうして抵抗検出電圧VS2を設定すると、S250に移行して、当該検出処理の起動後、所定時間T2（例えば100μsec.）が経過したか否かを判断することにより、所定時間T2が経過するのを待ち、所定時間T2が経過すると、S260にて、当該検出処理の起動後、一定時間T2の間オン状態となっていた開閉スイッチSW2をオフし、定電流回路40cに接続された開閉スイッチSW3をオンすることにより、Vsセル6に微小電流iCPと同方向（つまり第1測定室20内の酸素を閉塞空間側に汲み込む方向）に定電流を流す。

【0105】このように開閉スイッチSW3をオンすると、S270に移行して、今度は、当該検出処理の起動後、所定時間T3（例えば200μsec.）が経過したか

否かを判断することにより、所定時間T3が経過するのを待ち、所定時間T3が経過すると、S280にて、開閉スイッチSW3をオフする。この結果、駆動回路40内の開閉スイッチSW1～SW3は全てオフ状態となる。

【0106】そして、続くS290では、当該検出処理の起動直後に設定した基本検出電圧VS1と所定時間T1経過後に設定した抵抗検出電圧VS2との偏差 ΔV_s （ $=VS1-VS2$ ）を求め、S300にて、この偏差 ΔV_s からVsセル6の内部抵抗RVSを算出し、続くS310に移行する。なお、本実施例における内部抵抗RVSの算出手法については、後に詳しく説明する。

【0107】S310では、上記算出したVsセル6の内部抵抗RVSと目標値との偏差、又は内部抵抗RVSから得られるVsセル6の温度と目標温度との偏差に基づき、ヒータ12、14への通電電流量を増・減するための制御信号（ヒータ制御信号）をヒータ通電回路44に出力し、ヒータ通電回路44からヒータ12、14に供給される電流量を制御する、ヒータ通電制御手段としての処理を実行する。

【0108】なお、このヒータ通電制御では、ヒータ通電回路44を、ヒータ12、14への通電・非通電を高速に切り換え可能なスイッチング回路から構成した場合には、その通電・非通電の切り換えを行なう駆動パルスのデューティ比を制御するようにすればよく、また、ヒータ通電回路44を、ヒータ12、14への出力電圧を制御可能な電圧制御回路から構成した場合には、ECU50からのヒータ制御信号に基づき電圧を増減するようにすればよい。

【0109】そしてこのようにヒータ制御信号を出力すると、今度は、S320に移行して、当該検出処理の起動後、所定時間T4（例えば500μsec.）が経過したか否かを判断することにより、所定時間T4が経過するのを待ち、所定時間T4が経過すると、S330にて、当該検出処理の起動後、一定時間T4の間オフ状態となっていた開閉スイッチSW1をオンして、当該検出処理を終了することにより、酸素濃度及びNOx濃度の測定動作を再開させる。

【0110】以上説明した内部抵抗検出処理では、図9に示す如く、処理が開始されると（時点t1）、駆動回路40内の開閉スイッチSW1をオフして、Vsセル6への微小電流iCPの通電及びポンプ電流制御を停止させると共に、開閉スイッチSW2をオンして、Vsセル6に微小電流iCPとは逆方向に定電流を流す。そして、その後一定時間T1が経過すると（時点t2）、そのときの多孔質電極6c側電圧Vsを抵抗検出電圧VS2として設定し、この抵抗検出電圧VS2と当該検出処理起動時の多孔質電極6c側電圧Vs（つまり基本検出電圧VS1）との偏差 ΔV_s からVsセル6の内部抵抗RVSを検出する。以下、この理由について説明する。

【0111】まず、V s セル6に内部抵抗検出用の定電流を流した場合、V s セル6の多孔質電極6 c側電圧V s は、V s セル6の内部抵抗RVSだけでなく、各電極6 b, 6 c側の酸素濃度の比に応じて発生する起電力によっても変化する。そこで、本実施例では、内部抵抗検出用の多孔質電極6 c側電圧V s がこの起電力の影響を受け難くするために、微小電流i CPよりも大きな電流を流して、V s セル6の内部抵抗RVSによる電圧降下が大きくなるようにしている。

【0112】また、V s セル6の各電極6 b, 6 c側の酸素濃度は、ポンプ電流制御と微小電流i CPの通電とにより、夫々、略一定になるため、V s セル6の起電力も略一定になる。従って、V s セル6に定電流を流して、そのときの多孔質電極6 c側電圧V s (即ちVS2)を検出するようにしても、この電圧値からV s セル6の内部抵抗RVSを略正確に求めることができる。

【0113】しかし、より厳密には、第1測定室20内の酸素濃度は、ポンプ電流のフィードバック制御によって制御されるため、制御系の応答遅れ等によって変動しており、一定濃度に固定されるものではない。また、第1測定室20内の酸素濃度は、NO x センサ2の温度によっても変化する。従って、V s セル6に内部抵抗RVS検出用の定電流を流すことにより検出した電圧V s から内部抵抗RVSを求めた場合には、内部抵抗RVSに若干ではあるが、誤差が生じてしまうことになる。

【0114】そこで、本実施例では、V s セル6の内部抵抗RVS、延いては素子温度をより正確に検出できるようにするために、V s セル6に内部抵抗RVS検出用の定電流を流してから所定時間(例えば60 μ sec.)経過するまでの間の多孔質電極6 c側電圧V s の変化量(偏差 $\Delta V s$)を検出し、この偏差 $\Delta V s$ から内部抵抗RVSを求めることにより、第1測定室20内の酸素濃度が目標濃度からずれている場合であっても、V s セル6の内部抵抗RVS、延いては素子温度を正確に求めることができるようにしているのである。

【0115】なお、この内部抵抗RVSを算出するに当たっては、偏差 $\Delta V s$ に対応して内部抵抗RVSを記憶したマップを予め設定しておき、このマップを用いて内部抵抗RVSを算出するようにすればよい。また次に、本実施例の内部抵抗検出処理では、起動後、一定時間T 1が経過して、抵抗検出電圧VS2を設定すると(時点t 2)、その後更に所定時間(例えば40 μ sec.)が経過して、当該検出処理起動後の経過時間がT 2に達した時点t 3で、駆動回路40の開閉スイッチSW2をオフし、開閉スイッチSW3をオンすることにより、V s セル6に微小電流i CPと同方向に定電流を流し、更に、一定時間(例えば100 μ sec.)が経過して、当該検出処理起動後の経過時間がT 3に達すると(時点t 4)、開閉スイッチSW3をオフする。

【0116】この結果、本実施例においては、内部抵抗

RVSの検出のためにV s セル6の多孔質電極6 c側の閉塞空間から汲み出した酸素を速やかに戻すことができ、また、i CPとは逆方向に電流を流したことによって、変化したV s セル6の内部極状態を元に戻すことができるので、多孔質電極6 c側の閉塞空間を内部基準酸素源として速やかに機能させることができ、また、V s セル6を酸素濃度測定セルとして速やかに機能させることができる。従って、当該処理起動後、濃度測定の動作に入るまでの時間T 4を、例えば500 μ sec. というように、極めて短い時間にすることができ、酸素濃度及びNO x 濃度の測定に影響を与えることなく、V s セル6の内部抵抗RVSを高精度に検出することが可能になる。

【0117】以上説明したように、本実施例の酸素濃度・窒素酸化物濃度測定装置においては、第1測定室20の酸素濃度を検出するV s セル6の内部抵抗RVSからNO x センサ2の温度を検出し、この温度が目標温度(例えば850℃)となるように、ヒータ12, 14への通電電流量を制御し、しかも、検出した内部抵抗RVS又はこの内部抵抗RVSから得られる素子温度が目標値から外れた場合には、その偏差に応じた温度補正量にて、NO x 濃度及び酸素濃度の測定結果を表わす第2ポンプ電流IP2及び第1ポンプ電流IP1を夫々補正することにより、NO x 濃度及び酸素濃度の測定結果を温度補償するようにされている。このため、本実施例の酸素濃度・窒素酸化物濃度測定装置によれば、NO x センサ2の温度に影響されることなく、酸素濃度及びNO x 濃度を常に高精度に検出することができる。

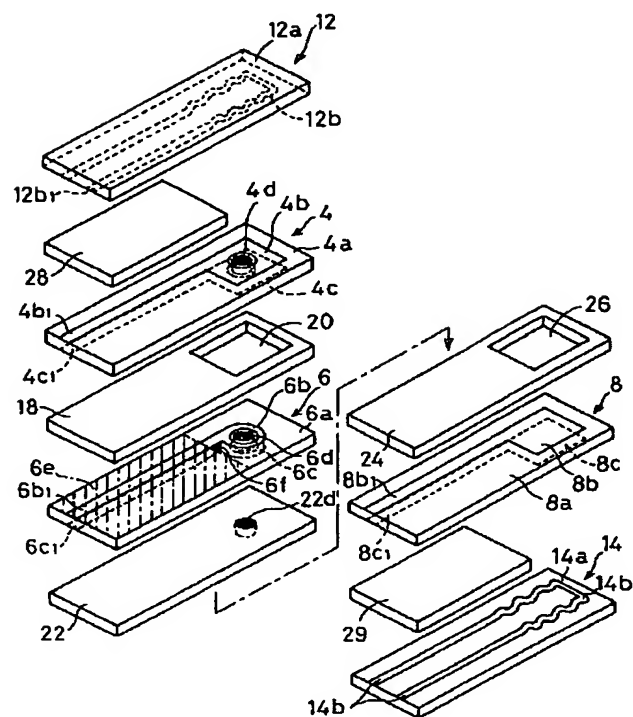
【0118】また特に、本実施例では、NO x センサ2が、第1ポンプセル4、V s セル6、第2ポンプセル8の順に積層されると共に、その積層方向両側に、ヒータ12, 14が積層されており、しかも、その積層方向からNO x センサ2を投影したときに、拡散律速層4 dと拡散律速層6 d, 22 dとが重なり、これら各拡散律速層を略中心位置で挟むように、ヒータ12, 14のヒータ配線12 b, 14 bが配置されている。従って、本実施例では、こうしたNO x センサ2の構造によって、ヒータ12, 14を用いて各セル4~8を効率良く加熱することができ、また、各拡散律速層を介して第1測定室20及び第2測定室26内に流入する被測定ガスも効率良く加熱することができるようになる。このため、本実施例によれば、V s セル6の温度を制御することにより、NO x センサ2を構成する各セルの温度をより確実に目標温度に制御することが可能になり、酸素濃度及びNO x 濃度の測定精度を向上できる。

【0119】なお、本実施例では、素子温度の測定中は第1ポンプセル4への電流制御を停止するようにしたが、例えば、差動増幅器AMPへの入力段にサンプルアンドホールド回路を設けて、素子温度の測定開始前の多孔質電極6 c側電圧V s をサンプルホールドするようにすれば、素子温度の測定中も、そのサンプルホールドし

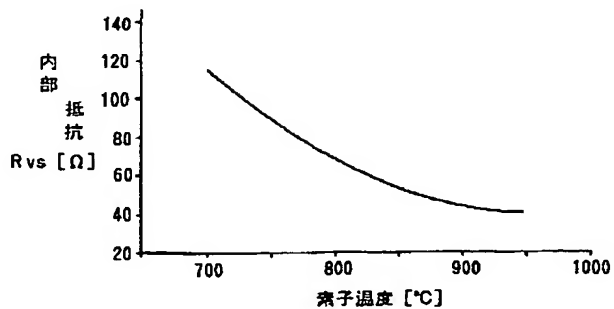
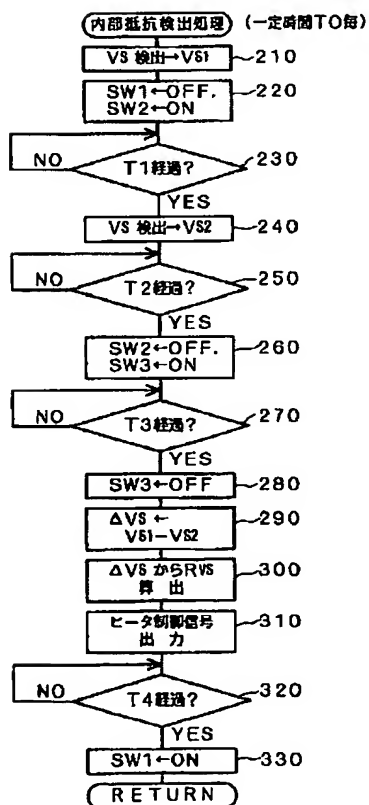
【図8】 第2ポンプ電流に対する温度補正量を求める

SW1, SW2, SW3…開閉スイッチ

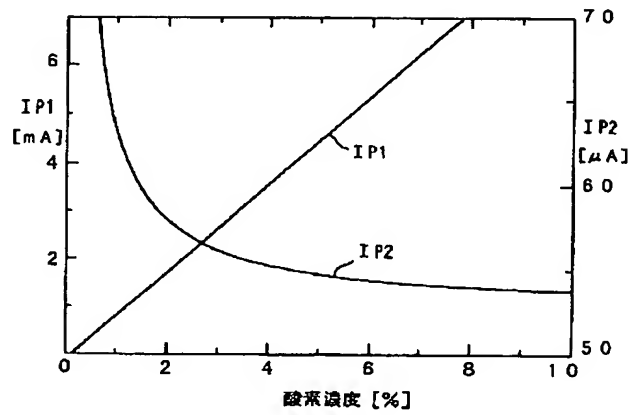
【図 3】



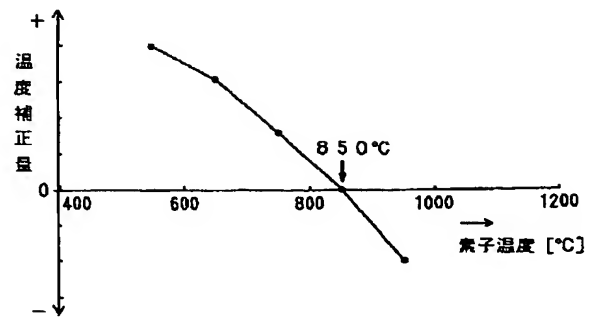
【図 5】



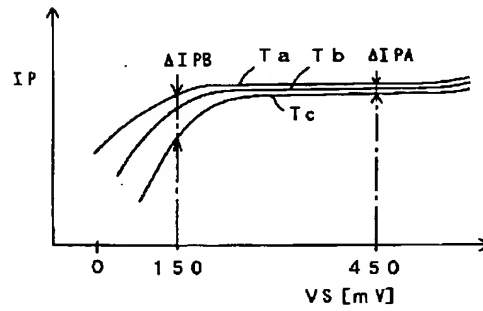
【図6】



【図8】



【図10】



【図9】

